

**Michel Lecoq**

## **Compte-rendu de mission au Maroc**

**24 juin au 4 juillet 2008**

Cette mission était organisée en deux parties :

- du 24 au 29 juin : cours en acridologie réalisés à Agadir l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan 2 ;
- du 30 juin au 4 juillet : participation à Rabat à un atelier de travail intitulé « Biotechnology for locust control » organisé par la Protection des végétaux du Maroc.

### **1. Cours dans le cadre du master en acridologie de l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan 2**

A la demande des responsables du master en acridologie réalisé l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan 2 à Agadir au Maroc, nous avons effectué un séjour d'une semaine à Agadir afin de dispenser des cours sur la dynamique des populations de criquets.

Ce master est organisé par l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan 2 à Agadir au Maroc, avec l'appui du Centre national antiacridien. Il accueille des étudiants de l'ensemble de la région occidentale (Afrique de l'Ouest sud-saharienne et Maghreb). La première promotion s'est déroulée en 2007.

N'ayant pu participer à l'enseignement en 2007, les cours ont été dispensés à l'ensemble des étudiants des première et deuxième promotions en acridologie, soit 11 étudiants (4 de la promotion 2007 et 7 de la promotion 2008).

Les cours traitaient de la dynamique des populations acridiennes, tout spécialement de celles des zones sahélienne et soudanienne d'Afrique de l'Ouest, de leur adaptation aux variations saisonnières de leur environnement et des causes de pullulation. Les méthodes d'étude des acridiens dans la nature ont également été abordées. Un accent particulier a été mis sur les phénomènes de migrations saisonnières. Les exemples ont été pris parmi les principales espèces d'importance économique (criquets migrateur, pèlerin, nomade, sénégalais...) mais également parmi les espèces les plus abondantes ou les plus caractéristiques des peuplements acridiens de ces régions. On trouvera le plan du cours en annexe.

Divers documents ont été remis aux étudiants :

Lecoq M. 2008. Biologie et dynamique des acridiens d'Afrique de l'Ouest. Support de cours et illustrations. CIRAD, Montpellier, France. 80 p. (plan du cours sur la biologie et la dynamique des acridiens d'Afrique de l'Ouest et ensemble des illustrations présentées lors des exposés).

Lecoq M. 2008. Biologie et dynamique des acridiens d'Afrique de l'Ouest. CIRAD, Montpellier, France. 241 p. (document de cours provisoire réalisé dans le cadre du 3ème cycle en Acridologie, Institut Hassan 2, Maroc, juin 2008).

Lecoq M. 2008. Biologie et dynamique des acridiens d'Afrique de l'Ouest. CIRAD, Montpellier, France. CD-ROM. (ensemble des présentations et illustrations – au format pdf - effectuées à l'occasion des cours).

### **Questions pour l'examen**

A la demande des organisateurs, quelques questions d'examen ont été proposées aux étudiants :

- Décrire les grandes lignes du cycle biologique du criquet sénégalais en Afrique de l'Ouest.
- Citer deux facteurs écologiques clés de la dynamique du criquet migrateur dans son aire grégarigène du delta central du fleuve Niger au Mali. Expliquer leur rôle.
- La dynamique des populations d'une espèce acridienne peut-elle toujours se comprendre en analysant les informations obtenues sur une seule localité ? Justifier.
- Quelles sont les principales formes d'adaptation du criquet pèlerin au climat désertique ?
- Citer les principales formes d'adaptation des espèces acridiennes aux variations saisonnières des conditions écologiques. Illustrer avec quelques exemples.

L'examen a eu lieu une semaine après les cours afin de donner aux étudiants le temps nécessaire à l'assimilation des connaissances dispensées.

### **Perspectives**

A la demande des organisateurs du master en acridologie il a été convenu que le CIRAD continuerait à participer aux enseignements en acridologie dans le cadre de master.

Une lettre d'accord entre l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan 2 (Annexe horticole d'Agadir) et l'unité d'acridologie du CIRAD officialisera prochainement cette coopération qui devrait continuer à se matérialiser en particulier par :

- des cours dispensés par des chercheurs de l'UPR Acridologie dans le cadre du Master en acridologie
- un appui éventuel à la conception des stages de fin d'étude de certains étudiants
- des accueils d'étudiants à Montpellier pour la réalisation de tout ou partie de leur stage de fin d'étude
- la fourniture de documentation et informations diverses aux étudiants et un accès facilité aux ressources documentaires de l'UPR Acridologie.

Dès cette année, divers stages d'étudiants pourraient être encadrés par le CIRAD et réalisés pour partie à Montpellier. Une première expérience devrait être conduite avec le stage de master de Keita Mahamadou Namori, étudiant du Mali, portant sur l'amélioration de la surveillance des aires grégaires du criquet pèlerin au Mali par utilisation de la télédétection spatiale et de techniques cartographiques.

## Liste des étudiants

### Promotion 2 (2008)

Laadel Aicha (Maroc)  
Keita Mahamadou (Mali)  
[Poulo\\_2000@yahoo.fr](mailto:Poulo_2000@yahoo.fr)  
Traore Oumar (Mali)  
Mahamat Kodogotory (Tchad)  
Temwa Aggee (Tchad)  
El Mouden Abdellah (Maroc)  
Gueye Youssoupha (Sénégal)

### Promotion 1 (2007)

Sory Cisse (Mali)  
[sorycisse01@yahoo.fr](mailto:sorycisse01@yahoo.fr)  
Abdoulaye Ndiaye (Sénégal)  
El Guennouni Badreddine (Maroc)  
Zoumnane Mustapha (Maroc)

## Calendrier du séjour à Agadir

- 24/6 Montpellier-Paris-Agadir  
Discussion du programme de cours avec A. Bouachi
- 25/6 Cours (1000-1200h / 1500-1830h)  
Discussion avec S. Lagnaoui
- 26/6 Cours (1000-1200h)  
RV avec S. Lagnaoui (1230-1400h), S. Ghaout (1430-1530h), A. El Hilali et B. Hafidi (1530-1600h)
- 27/6 Cours (0900-1200h / 1500-1800h)  
Déjeuner avec les étudiants  
Dîner avec S. Ghaout
- 28/6 Visite du Centre antiacridien à Aït Meloul avec S. Ghaout et S. Lagnaoui.

## Personnes rencontrées à Agadir

Abderrahmane El Hilali (Directeur de la Protection des végétaux, des contrôles techniques et de la répression des fraudes, Rabat)

Brahim Hafidi (Directeur du complexe horticole d'Agadir, Annexe de l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II)

Ahmed Mazih (complexe horticole d'Agadir, Annexe de l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II)

Said Ghaout (Directeur du Centre national antiacridien, Agadir, Maroc)

Said Lagnaoui (Centre national antiacridien, Agadir, Maroc)

A. Bouachi (Centre national antiacridien, Agadir, Maroc)

Mouhim (Centre national antiacridien, Agadir, Maroc)

## **2 . Participation à Rabat, du 30 juin au 4 juillet, à un atelier de travail intitulé « Biotechnology for locust control » organisé la Protection des végétaux du Maroc.**

Le service de la Protection des végétaux, des contrôles techniques et de la répression des fraudes du Maroc organisait à Rabat, du 1<sup>er</sup> au 3 juillet, un atelier de travail sur le thème « Biotechnologies et lutte antiacridienne ». Cet atelier était co-organisé par Thomas A. Miller, entomologiste à l'Université de Californie (Riverside, CA, USA).

Il m'avait été demandé de participer et de présenter un exposé sur le thème de la gestion du risque représenté par le criquet pèlerin.

Cet atelier, très international, a rassemblé plus de 40 participants, certains spécialistes du problème acridien, d'autres de diverses biotechnologies. On trouvera en annexe la liste des participants et le programme de l'atelier.

Les exposés ont permis de présenter l'état des connaissances sur la biologie du criquet pèlerin et le processus de grégarisation ainsi que les divers aspects de la gestion du risque : stratégie en vigueur, organisation mise en place pour gérer le risque, succès de la stratégie de prévention, défaillances, mesures récentes pour améliorer la situation, programme EMPRES, exemple d'organisation de la lutte au Maroc.... Par ailleurs, divers exposés ont permis d'apporter un éclairage sur les perspectives réalistes offertes par diverses biotechnologies ainsi que les aspects législatifs liés à ces techniques. On soulignera en particulier deux grandes orientations possibles :

A - Pour améliorer les moyens de lutte. Quelques exemples parmi d'autres à titre indicatif :

- mycopesticide (*Metarhizium*) génétiquement modifiés pour améliorer son efficacité (plus grande rapidité d'action, moindre sensibilité à la température, etc.)
- inhibition du(des) gène primaire impliqué dans les premières étapes de la grégarisation (« gene silencing »).

B - Pour améliorer la connaissance du criquet dans ses phases de pré-grégarisation. Quelques exemples :

- étude de la structure génétique des populations solitaires
- études des déplacements (par divers marqueurs : génétiques, isotopes stables...).

On notera une présentation très remarquée de Yuxian Xia (Chine) ayant présenté l'utilisation des mycopesticides dans son pays. Une unité de production a été établie. La production est actuellement de 200 tonnes de spores par an, ces spores pouvant être stockée pendant 1 an. Une utilisation à large échelle est dès maintenant entreprise : 70000 ha ont été traités en 2007 et 200000 ha sont prévus en 2008. Il semble que la productivité puisse encore augmenter et les prix baisser faisant de ce produit l'une des meilleures alternatives actuelles, en Chine, aux insecticides chimiques dans la lutte contre le criquet migrateur.

Un article de synthèse sur les résultats de l'atelier est en préparation. Il devrait faire le bilan de l'atelier et des perspectives diverses offertes par les biotechnologies pour l'amélioration de la lutte antiacridienne. Un site web dédié à l'utilisation des biotechnologies en lutte antiacridienne devrait également être ouvert sous peu.

Un suivi des recommandations de l'atelier sera réalisé lors du prochain congrès de l'Orthopterists'Society en Turquie en juin 2009. Il est fort possible que cet atelier débouche sur diverses propositions de projets de recherche destinés à utiliser les biotechnologies pour l'amélioration de la lutte antiacridienne.

Le projet FFEM en collaboration avec la Mauritanie, projet sur la structure et le fonctionnement des aires grégarigènes du criquet pèlerin par utilisation de la télédétection spatiale, pourrait être l'occasion d'y coupler un nouveau projet sur la structure génétique des populations solitaires et leurs déplacements en utilisant diverses méthodes évoquées au cours de la réunion. Un modèle global de fonctionnement d'une aire grégarigène pourrait alors être développé, incluant structure des biotopes, détection précoce des conditions favorables, structure génétique des populations et leurs déplacements. Le Maroc est également fortement intéressé par cette approche ainsi que nos collègues australiens. Les contacts vont être maintenus avec tous les partenaires potentiels pour suivre les possibilités de mener à terme cette proposition (partenariats, ressources humaines, financements....).

#### **Annexes :**

Programme de l'atelier « Biotechnology for locust control »

Liste des participants à l'atelier « Biotechnology for locust control », Rabat, 1-3 juillet 2008

#### **Diffusion du rapport de mission :**

Dir BIOS  
Acridologie  
C. Sauvageon  
CIRAD Sénégal  
IAM (V. Dollé)

## **Plan des cours**

# **1. Méthodes d'étude d'un peuplement acridien**

## **1. Techniques d'échantillonnage**

### **Œufs**

Le développement embryonnaire  
Les techniques d'échantillonnage  
L'identification des oothèques  
Les stades embryonnaires

### **Larves**

Techniques d'échantillonnage  
Identification spécifique des larves  
Reconnaissance des stades larvaires et les stades surnuméraires  
Les stries oculaires  
Les étapes du développement larvaire  
Le biais des échantillonnages de larves  
Estimation des densités larvaires

### **Ailés**

Techniques d'échantillonnage - de jour et de nuit - limites et biais  
Identification spécifique des imagos  
Les principales étapes de la vie imaginale  
Les critères de datation des imagos dans la nature  
Les stades imaginaires mâles et femelles  
Les événements marquants de la vie imaginale  
Estimation des densités imaginale  
Autres techniques

- pour étude de la production des œufs
- pour étude des déplacements

## **2. Stratégie d'échantillonnage**

Le plan d'échantillonnage : exemple d'un dispositif d'étude en Afrique de l'Ouest

- suivi des populations acridiennes
- suivi des conditions écologiques

## **3. Analyse de la dynamique des populations**

### **Techniques de reconstitution de la dynamique des populations**

Techniques graphiques  
Notions de génération, cohorte, période de reproduction...  
Détermination des durées de développement  
Mise en évidence et analyse des déplacements

### **Estimation des principaux paramètres de la dynamique des populations**

#### **Qualitatifs :**

- Les arrêts de développement (diapause embryonnaire, diapause imaginale, quiescence embryonnaire)
- Le nombre de générations (de 1 à 5)
- Les déplacements (technique de mise en évidence, locaux / à grande distance, orientation)
- Variabilité apparente et réelle du cycle biologique
  - liée aux diverses zones écologiques fréquentées

- consécutive à des études peu précises

#### Quantitatifs :

- Les temps de développement : embryonnaire, larvaire, imaginal (délai de ponte, rythme de ponte...)
- La natalité
- La mortalité
- Les taux de migration
- Les taux de reproduction

## 2. Les espèces à diapause embryonnaire

#### Espèces à une génération

*Acorypha glaucopsis* (WALKER 1870)  
*Cataloipus fuscocoerulipes* SJÖSTEDT 1923  
*Hieroglyphus daganensis* KRAUSS 1877  
*Homoxyrhopes punctipennis* (WALKER 1870)  
*Kraussaria angulifera* (KRAUSS 1877)  
*Kraussella amabile* (KRAUSS 1877)  
*Zonocerus variegatus* (LINNÉ 1758)

#### Espèces à deux générations

*Oedaleus nigeriensis* UVAROV 1926

#### Espèces à trois générations

*Oedaleus senegalensis* (KRAUSS 1877), le criquet sénégalais  
 Caractéristiques générales du cycle biologique  
 Facteurs écologiques importants  
 Diapause embryonnaire et quiescence  
 Stratégie de survie en saison sèche  
 Les aires complémentaires pour la reproduction  
 La dynamique des populations dans AMI, ATM et ASM  
 Le déterminisme des pullulations

## 3. Les espèces à diapause imaginale

#### Espèces à une génération

*Acanthacris ruficornis citrina* (SERVILLE 1838)  
*Acorypha clara* (WALKER 1870)  
*Acridoderes strenuus* (WALKER 1870)  
*Cryptocatantops haemorrhoidalis* (KRAUSS 1877)  
*Harpezocatantops stylifer* KRAUSS 1877  
*Leptacris violacea* (KARNY, 1907)  
*Mesopsis laticornis* (KRAUSS, 1877)  
*Ornithacris cavroisi* (FINOT 1907)  
*Parga cyanoptera* UVAROV 1926  
*Pnorisa carinata* UVAROV 1941  
*Tristria pallida* KARNY 1907  
*Tylotropidius didymus* (THUNBERG 1815)  
*Metaxymecus gracilipes* (BRANCSIK 1895)  
*Nomadacris septemfasciata* (Serville, 1838), le criquet nomade  
 Exemples de dégâts  
 Phénomène phasaire  
 Cycle biologique  
 Dynamique des populations et migrations

#### **Espèces à deux générations**

*Acrotylus blondeli blondeli* SAUSSURE 1884

*Catantopsilus plagiatus* (UVAROV 1926)

*Heteropternis thoracica* (WALKER 1870)

## **4. Les espèces à reproduction continue**

#### **Espèces à deux générations**

*Duronia chloronota* (STÅL 1876)

*Mesopsis abbreviatus* (BEAUVOIS 1806)

*Pyrgomorpha vignaudii* GUÉRIN-MÉNEVILLE 1849

#### **Espèces à trois générations**

*Acrida bicolor* (THUNBERG 1815)

*Gastrimargus africanus* (SAUSSURE 1888)

*Gastrimargus determinatus procerus* (GERSTAECKER 1889)

*Morphacris fasciata* (THUNBERG 1815)

*Pyrgomorpha cognata* KRAUSS 1877

*Aiolopus thalassinus* (FABRICIUS 1781)

*Acrotylus patruelis* (HERRICH-SCHÄFFER 1838)

#### **Espèces à quatre générations**

*Locusta migratoria migratorioides* (REICHE ET FAIRMAIRE, 1850), le criquet migrateur

Aire de distribution

Phénomène phasaire

Les invasions et les aires grégarigènes

La biologie

L'écologie

La dynamique des populations (aires grégarigènes du Mali et de Madagascar)

Modélisation du cycle du criquet migrateur

Facteurs favorisant la grégarisation du criquet migrateur

*Schistocerca gregaria* (FORSKÅL, 1775), le criquet pèlerin

Aire de distribution

Phénomène phasaire

Les invasions et les aires grégarigènes

Caractéristiques générales du cycle biologique

Le cycle biogéographique (solitaires et grégaires)

La stratégie adaptative du criquet pèlerin

Les aires grégarigènes

La stratégie de lutte prévention : principes

L'organisation de la lutte préventive

Succès et faillites de la prévention

Mesures actuelles de renforcement du dispositif de prévention